

Fortsetzung der Tiefwassermessungen zum Zielmaß von Testkörpern

Edgar Schmidtke

*Wehrtechnische Dienststelle für Schiffe und Marinewaffen, Maritime Technologie und Forschung, WTD 71,
Berliner Straße 115, 24340 Eckernförde, Deutschland, Email: edgarschmidtke@bundeswehr.org*

Einleitung

Der Begriff Zielmaß (englisch: Target Echo Strength, TES) beschreibt in der Unterwasserakustik analog zum Begriff Radar Cross Section (RCS) in der Elektromagnetik die Echostärke eines Objektes, abhängig von Richtung der einfallenden und gestreuten Welle und der Frequenz (s. z.B. [8]).

In der Radar-Technik genügt es häufig, zu verhindern, dass die von einem Sender zum Streukörper ausgesandte Energie nicht wieder zum Sender reflektiert wird, wo sich meist auch der Empfänger befindet (monostatischer Aufbau). Dies lässt sich häufig erreichen, indem der Streukörper derart verspiegelt wird, dass die eintreffende Energie in andere Richtungen reflektiert wird, nur nicht zurück zum Sender. Wenn jedoch in dieser anderen Richtung ein zusätzlicher Empfänger steht (bi- und multistatischer Aufbau, sowohl bei RCS als auch bei TES), ist das Echo des Streukörpers wieder detektierbar.

Um bei TES das monostatische Echo zu reduzieren, ließe sich die eintreffende Energie diffus streuen, indem in eine aufzubringende Beschichtung Streuzentren eingearbeitet werden. Dabei ist es unerheblich, ob es sich um regelmäßige Anordnungen (z.B. [1]) oder unregelmäßige handelt. Man nimmt zwar Energie aus dem monostatischen Echo, erhöht jedoch das bi- oder multistatische. Es spielt auch keine Rolle, ob es sich um resonanzartig funktionierende Streuer handelt (auch in [1] dargestellt) oder welche, die lediglich durch einen Impedanzsprung charakterisiert werden.

Um das Echo in alle Richtungen zu reduzieren, ist ein Absorber, der die eintreffende Energie dissipiert, unerlässlich.

Für Frequenzen oberhalb ca. 9 kHz kann man sich die resonanzartig überhöhte Absorption von gasgefüllten Hohlräumen zunutze machen (z.B. [4, 5]). Hier spielt die Erwärmung des Gases im Innenraum der Hohlräume tatsächlich eine wesentliche Rolle bei der Dissipation. Die Effektivität dieses Effektes nimmt zu niedrigeren Frequenzen jedoch rapide ab, so auch in [4, 5] erwähnt und in z.B. [2] ausführlicher dargestellt. Die Hohlräume fungieren weiterhin wegen eines Impedanzsprunges als Streukörper, darüber hinaus bieten sie dem umgebenden Material die Möglichkeit, auf eine reine Kompressionswelle mit Scherung zu reagieren. Die Schallgeschwindigkeit von Scherwellen ist in der Regel deutlich geringer als die der Kompressionswelle, was zu einer virtuellen größeren Schichtdicke — und somit zu besserer Absorption — führen kann.

Die Aufgabe der Dissipation verbleibt dann allein beim Matrixmaterial. Das hier beschriebene Experiment hat zum Ziel, die absorbierenden und damit zielmaßmindernden Eigenschaften von Beschichtungsmaterialien direkt bei den interessierenden Frequenzen zu messen, so dass nicht auf das Prinzip der Verschiebung von Temperaturen und Frequenzen zurückgegriffen werden muss.

In den Vorjahren wurden vorbereitende Experimente vorgestellt [6, 7]. Die Analyse der Daten zeigte, dass weitere Messungen im tiefen Frequenzbereich unterhalb 5 kHz erforderlich waren.

Experimente

Der Aufbau im Herbst 2016 folgte dem der Vorjahre. Im norwegischen Bokna-Fjord lag das Forschungsschiff FS PLANET vor Anker und die Messgeräte wurden von Bord abgehängt (Abb. 1). Die Anordnung der drei wesentlichen Komponenten Sender, Antenne (Vertikales Array, VA IV) und Streukörper in verschiedenen Tiefen ermöglicht durch die Fähigkeit zur Richtungsbildung mit Hilfe der vertikalen Hydrofonzeile, die Signale von Sender und Streukörper räumlich zu trennen und trotzdem das monostatische Zielmaß zu messen (siehe dazu [7]). Hierbei wurden wie in den Vorjahren frequenzmodulierte Pulse von 20 ms Dauer mit einer Bandbreite von 500 Hz verwendet.

Ein Umbau des Experimentes hin zur Versuchsanordnung II (Abb. 2) verkürzte den Abstand vom Sender zum Streukörper auf etwa die Hälfte und erhöhte so den am Streukörper eintreffenden Schallpegel um etwa 6 dB, erzwang jedoch eine Verkürzung der Sendesignale auf 10 ms.

Ergebnisse

In Abbildung 3 sind die Ergebnisse einer unbeschichteten und einer beschichteten Stahlkugel, gemessen mit Anordnung I, den numerischen Ergebnissen einer unbeschichteten Stahlkugel gegenüber gestellt. Abbildung 4 zeigt die analoge Darstellung für die Versuchsanordnung II.

In der Anordnung I zeigen die Messdaten für die unbeschichtete Stahlkugel eine gute Übereinstimmung mit der numerischen Analyse. Die deutliche Echoüberhöhung bei etwa 1 kHz, das sehr geringe monostatische Echo bei knapp 2 kHz und die resonanzartigen Minima bei etwa 4 kHz, 6 kHz, 8 kHz und 10 kHz werden durch die Messungen bestätigt. Oberhalb von 3 kHz verursacht die Beschichtung eine deutliche frequenzabhängige Echoreduzierung, unterhalb von 3 kHz nicht.

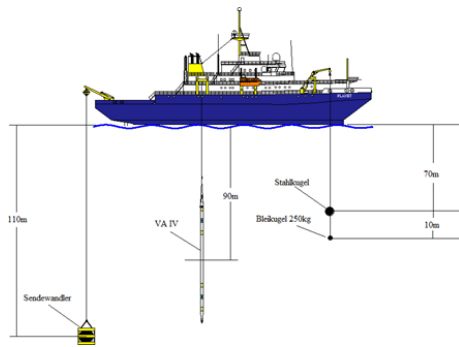


Abbildung 1: Prinzipielle Versuchsanordnung I zur Reflexionsmessung, bestehend aus Wasserschallsender am Heck, vertikaler Hydrofonzeile mittschiffs und dem Streukörper in der Nähe des Bugs (aus [7]).

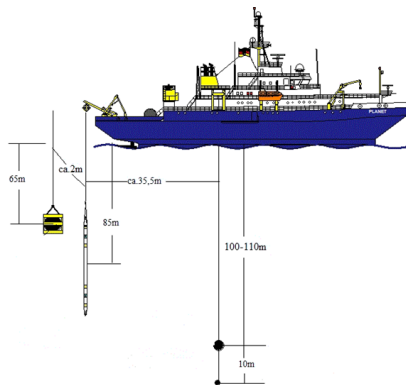


Abbildung 2: Prinzipielle Versuchsanordnung II zur Reflexionsmessung, bestehend aus Wasserschallsender und Antenne am Heck und mittschiffs.

In der Anordnung II stimmen die Messdaten für die unbeschichtete Stahlkugel und die numerische Analyse nur oberhalb von 3 kHz überein. Bei dem Echominimum bei knapp 2 kHz ergibt sich keine Übereinstimmung der Messdaten bei zwei aufeinanderfolgenden, ansonsten identischen Messungen. Es zeigt sich keine Echoreduzierung durch die Beschichtung bei Frequenzen unterhalb von 3 kHz, eher noch eine Echerhöhung gegenüber dem Minimum bei knapp 2 kHz.

Womöglich sorgen kurze Pulse von 10 ms nicht mehr für einen eingeschwungenen Zustand des Gesamtsystems. Obwohl der höhere Pegel am Streukörper — und damit der höhere absolute Echopegel — bessere Messdaten im Sinne von einem Signal-zu-Rausch-Verhältnis sorgen, bieten sie keinen gesicherten Erkenntnisgewinn. Zeitlich längere Sendesignale sind erforderlich.

Die hohlen, mit Luft gefüllten, Stahlkugel sollten die Näherung einer schallweichen Kugel erfüllen. Hochfrequent geht das Konzept auf, tieffrequent nicht. Hier muss eine andere Lösung gefunden werden.

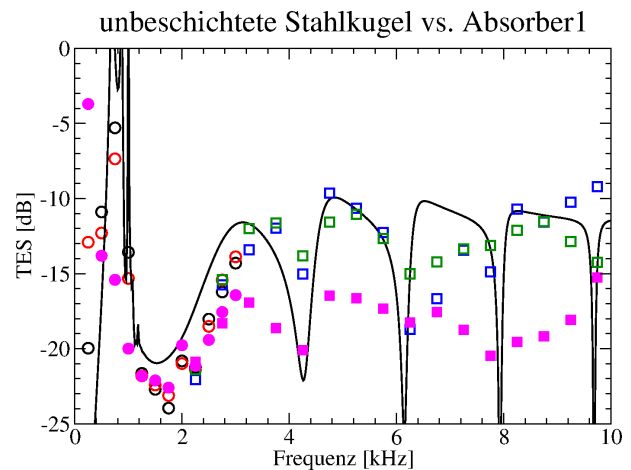


Abbildung 3: (Versuchsanordnung I) Durchgezogene Linie: numerische Ergebnisse einer unbeschichteten Stahlkugel. Offene Symbole: experimentelle Messdaten der unbeschichteten Stahlkugel. Geschlossene Symbole: experimentelle Messdaten der beschichteten Stahlkugel.

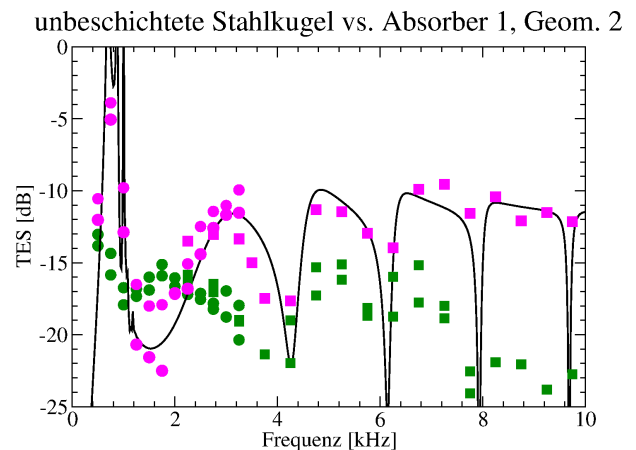


Abbildung 4: (Versuchsanordnung II) Durchgezogene Linie: numerische Ergebnisse einer unbeschichteten Stahlkugel. Rosa Symbole: experimentelle Messdaten der unbeschichteten Stahlkugel. Grüne Symbole: experimentelle Messdaten der beschichteten Stahlkugel.

Zusammenfassung

Es wurden Messungen zur Zielmaßreduktion durch schallabsorbierende Beschichtungen im Frequenzbereich von 0,5 kHz bis 10 kHz durchgeführt. Messdaten und numerische Analyse zeigen gute Übereinstimmung in beiden Versuchsgeometrien oberhalb von 3 kHz. Unterhalb von 3 kHz zeigt die verwendete Stahlkugel erhebliche Abweichungen von dem angestrebten Verhalten einer schallweichen, gleich großen Kugel. Möglicherweise überdeckt dieser Effekt die angestrebte Echoreduzierung durch die Beschichtung. Weitere Messungen mit einer modifizierten Kugel als Träger der Beschichtung sind für Frequenzen unterhalb 3 kHz erforderlich, um eine Echoreduktion durch die Beschichtung nachzuweisen.

Literatur

- [1] Ivansson, S. M.:
„Anechoic coatings obtained from two- and three-
dimensional monopole resonance diffraction
gratings“,
J. Acoust. Soc. Am. **131** (4), pp. 2622–2637,
April 2012
- [2] Leighton, T. G.: „The Acoustic Bubble“,
Academic Press, London (1994)
- [3] Mechel, F.:
„Die Streuung ebener Wellen an Zylindern
und Kugeln komplexer Impedanz“,
Habilitationsschrift, Göttingen (1966)
- [4] Meyer, E. und Oberst, H.:
„Resonanzabsorber für Wasserschall“,
Acustica **2**(3), pp. 149–170 (1952)
- [5] Richardson, E. G.:
„Technical Aspects of Sound“,
First Reprint, Chapter 6, Elsevier, New York (1962)
- [6] Schmidtke, E.:
„Messungen zum Zielmaß von Testkörpern“,
Fortschritte der Akustik, pp. 686–687, DAGA 2014
- [7] Schmidtke, E.:
„Tiefwassermessungen zum Zielmaß
von Testkörpern“,
Fortschritte der Akustik, pp. 619–621, DAGA 2015
- [8] Urick, R. J.:
„Principles of Underwater Sound“, 3rd Ed., McGraw-
Hill Book Company, New York (1983)